

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini membahas pengetahuan mengenai konsep ergonomi gerakan manusia dan konsep Rekayasa Nilai yang digunakan sebagai landasan teori yang memberikan acuan dalam mengevaluasi masalah yang dibahas dalam penelitian di bengkel PT. Primakarya Jaya Sejahtera yang bertempat di PT. Petro Jordan Abadi, yang merupakan tempat peneliti mengamati sistem yang berlangsung di dalamnya.

2.1 ERGONOMI

Istilah “ergonomi” berasal dari bahasa Latin yaitu *ERGON* (Kerja) dan *NOMOS* (Hukum alam) dan didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan. Disiplin ergonomi secara khusus mempelajari keterbatasan dan kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buatanya. Disiplin ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia memiliki batas-batas kemampuan baik jangka pendek maupun jangka panjang, pada saat berhadapan dengan lingkungan sistem kerja yang berupa perangkat keras atau *hardware* (mesin, peralatan kerja) dan atau perangkat lunak atau *software*, (Wignjosoebroto, 1995 didalam penelitian Suripto, 2011). Tujuan dari penerapan ergonomi (Tarwaka, 2004 didalam penelitian Suripto, 2011), sebagai berikut :

1. .Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak social mengelola dan mengkoordinir kerja secara tepat guna dan meningkatkan jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, anthropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang

dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Suatu pengertian yang lebih komprehensif tentang ergonomi pada pusat perhatian ergonomi adalah terletak pada manusia dalam rancangan desain kerja ataupun perancangan alat kerja. Berbagai fasilitas dan lingkungan yang dipakai manusia dalam berbagai aspek kehidupannya. Tujuannya adalah merancang benda-benda fasilitas dan lingkungan tersebut, sehingga efektivitas fungsionalnya meningkat dan segi-segi kemanusiaan seperti kesehatan, keamanan, dan kepuasan dapat terpelihara. Mencapai tujuan ini, pendekatan ergonomi merupakan penerapan pengetahuan-pengetahuan terpilih tentang manusia secara sistematis dalam perancangan sistem-sistem manusia benda, manusia-fasilitas dan manusia lingkungan. Perkataan ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari manusia dalam berinteraksi dengan obyek-obyek fisik dalam berbagai kegiatan sehari-hari.

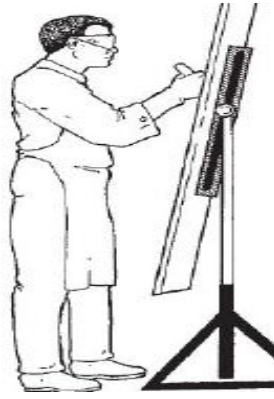
Penerapan faktor ergonomi lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah desain dan evaluasi produk. Produk ini haruslah dapat dengan mudah diterapkan (dimengerti dan digunakan) pada sejumlah populasi masyarakat tertentu tanpa mengakibatkan bahaya atau resiko dalam penggunaannya (Nurmianto, 2004 didalam penelitian Suripto, 2011).

2.2 SIKAP KERJA ERGONOMI

Posisi tubuh dalam bekerja ditentukan oleh jenis pekerjaan yang dilakukan. Masing-masing posisi kerja mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap tubuh. Sikap tubuh dalam beraktivitas pekerjaan diakibatkan oleh hubungan antara dimensi kerja dengan variasi tempat kerja. Sikap tubuh pada saat melakukan setiap pekerjaan menentukan atau berpengaruh terhadap keberhasilan suatu pekerjaan. Sikap tubuh (*posture*) manusia secara mendasar keadaan istirahat menurut Pheasant, 1991 didalam penelitian Suripto, 2011, yaitu:

1. Sikap berdiri (*standing*)

Sikap berdiri adalah posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki. Berdiri dengan posisi yang benar, dengan tulang punggung yang lurus dan bobot badan terbagi rata pada kedua kaki.

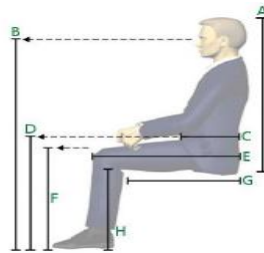


Gambar 2.1 Sikap berdiri

Sumber: Mac Leod, 2000 didalam penelitian Suripto, 2011

2. Sikap duduk (*sitting*)

Sikap dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja.



Gambar 2.2 Sikap duduk

Sumber: Pheasant, 1991 didalam penelitian Suripto, 2011

3. Sikap berbaring (*lying*)

Sikap terlentang dimana bagian lordosis dipertahankan dengan paha dan lutut 45°.

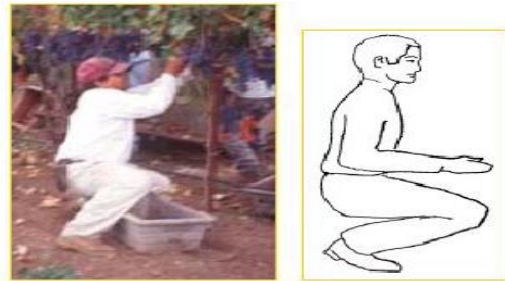


Gambar 2.3 Sikap berbaring

Sumber: Aji, 2009 didalam penelitian Suripto, 2011

4. Sikap jongkok (*squatting*).

Sikap kerja dimana posisi lutut fleksi max, paha, badan fleksi max, dan lumbal juga fleksi max.



Gambar 2.4 Sikap jongkok

Sumber: Suhardi, 2008 didalam penelitian Suropto, 2011

Apabila dari sikap tubuh terdapat alat atau peralatan yang digunakan untuk bekerja selanjutnya disebut dengan sikap kerja. Menurut Barnes, 1980 didalam penelitian Suropto, 2011, prinsip kerja secara ergonomi agar terhindar dari resiko cedera, yaitu:

1. Gunakan tenaga seefisien mungkin, beban yang tidak perlu harus dikurangi atau dihilangkan, perhitungan gaya berat yang mengacu pada berat badan dan bila perlu gunakan pengungkit sebagai alat bantu.
2. Sikap kerja duduk, berdiri dan jongkok disesuaikan dengan prinsip ergonomi.
3. Panca indera dipergunakan sebagai kontrol, bila merasakan kelelahan harus istirahat (jangan dipaksa), dan bila lapar atau haus harus makan atau minum(jangan ditahan).
4. Jantung digunakan sebagai parameter yang diukur melalui denyut nadi per menit, yaitu jangan lebih dari jumlah maksimum yang diperbolehkan.

Dengan mengetahui kriteria sikap kerja yang ideal, prinsip dasar mengatasi sikap tubuh selama bekerja dapat ditentukan. Kasus yang paling umum berkaitan dengan sikap kerja yang tidak ergonomi, dapat diambil langkah-langkah yang lebih spesifik didalam melakukan perbaikan. Sikap kerja seseorang menurut Bridger, 1995 didalam penelitian Suropto, 2011 dipengaruhi oleh empat faktor,

yaitu:

1. Fisik, umur, jenis kelamin, ukuran *anthropometri*, berat badan, kesegaran, kemampuan gerakan sendi system musculoskeletal, tajam penglihatan masalah kegemukan, dan riwayat penyakit.
2. Jenis keperluan tugas, pekerjaan memerlukan ketelitian, kekuatan tangan, ukuran tempat duduk, giliran tugas, dan waktu istirahat.
3. Desain tempat kerja, seperti ukuran tempat duduk, ketinggian landasan kerja, kondisi bidang pekerjaan, dan faktor lingkungan.
4. Lingkungan kerja (*environment*), intensitas penerangan, suhu lingkungan, kelembaban udara, kecepatan udara, kebisingan, debu, dan getaran.

2.2.1 Posisi Postur Kerja Operator

Postur (*posture*) adalah posisi tubuh manusia secara keseluruhan. Pada saat bekerja posisi tubuh (postur) tiap pekerja berbeda, yaitu postur kerja yang merupakan posisi tubuh pada saat pekerja melakukan aktivitasnya. Tubuh adalah keseluruhan jasad manusia yang kelihatan dari ujung rambut sampai ujung kaki. Pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja membantu mendapatkan postur yang nyaman bagi pekerja, baik itu postur kerja berdiri, duduk, angkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan memerlukan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi pekerja ini memaksa pekerja berada pada postur kerja yang tidak alami. Hal ini mengakibatkan pekerja cepat lelah dan keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk, bahkan cacat tubuh.

Menurut (Barnes, 1980 didalam penelitian Suripto, 2011), untuk menghindari postur kerja yang demikian dilakukan pertimbangan ergonomi, yaitu:

1. Mengurangi keharusan bekerja dengan posisi postur tubuh membungkuk dalam frekuensi kegiatan yang sering atau dalam jangka waktu yang lama.
2. Mengatasi hal ini, maka stasiun kerja dirancang dengan memperhatikan fasilitas kerja, seperti meja, kursi yang sesuai data *anthropometri* agar pekerja menjaga postur kerjanya tetap tegak dan

normal. Ketentuan ini ditekankan bilamana pekerjaan dilakukan dengan posisi postur tubuh berdiri.

3. Pekerja tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum. Pengaturan postur kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (prinsip ekonomi gerakan).
4. Pekerja tidak seharusnya duduk pada saat bekerja dalam waktu yang cukup lama dengan posisi kepala, leher, dada, dan kaki berada dalam postur kerja miring.
5. Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekuensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas level siku yang normal.

Beberapa masalah berkenaan dengan posisi postur kerja yang sering terjadi, (Barnes, 1980 didalam penelitian Suripto, 2011), yaitu:

1. Hindari kepala dan leher yang mendongkak
2. Hindari tungkai yang menaik.
3. Hindari tungkai kaki pada posisi terangkat.
4. Hindari postur memutar atau asimetris..
5. Sediakan sandaran bangku yang cukup di setiap bangku

Postur netral adalah posisi optimal tiap sendi yang menyediakan kekuatan paling besar, kontrol gerakan yang paling atas, dan stres fisik paling kecil pada sendi dan jaringan di sekitarnya. Secara umum, posisi ini sudah dekat titik tengah dari berbagai macam gerakan, yaitu posisi di mana otot-otot sekitar sendi seimbang dan santai. Ada pengecualian penting untu aturan titik tengah ini. Contohnya adalah postur lengan yang dipengaruhi oleh gravitasi, dan lutut yang berfungsi dengan baik dekat posisi perpanjangannya. Beberapa prinsip utama penerapan postur yang relevan di tempat kerja, yaitu:

1. Bagian belakang (punggung) dengan “kurva S” utuh yang paling alami.

Ruas tulang belakang melengkung kira-kira dalam bentuk sebuah "S." Menjaga kurva S adalah sesuatu yang penting untuk mencegah cedera

punggung kronis dan mengoptimalkan posisi kerja. Untuk punggung bagian bawah, meliputi mempertahankan beberapa derajat lordosis baik pada posisi duduk maupun berdiri. Pembengkokan ke depan (kifosis) memberikan tekanan pada disk sensitif dipunggung bawah yang akhirnya menyebabkan cedera parah. Penyelarasan tulang belakang difasilitasi dengan mempertahankan postur semi-mendekam, menjaga lutut sedikit menekuk. Posisi yang mempromosikan kerja dalam posisi ini meliputi:

- a. Pada saat berdiri, menggunakan kaki untuk istirahat
- b. Sambil bersandar ketika duduk agar memiliki dukungan lumbalis yang baik



Gambar 2.5 Posisi trunk idea

Sumber: Macleod, 2000 didalam penelitian Suripto, 2011

2. Leher dalam posisi tepat sejajar.

Sikap netral leher cukup jelas, yaitu tidak boleh membungkuk atau memutar.



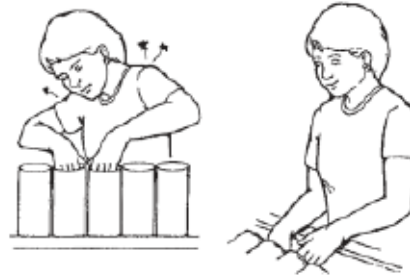
Gambar 2.6 Posisi leher netral

Sumber: Macleod, 2000 didalam penelitian Suripto, 2011

3. Siku digunakan secara alami di sisi tubuh dan bahu dengan santai.

Siku diadakan nyaman di sisi tubuh, bahu harus rileks dan tidak membungkuk. Bekerja dengan siku mengayun keluar dapat

menambahkan regangan pada bahu sehingga menyebabkan kelelahan dan ketidaknyamanan, mengganggu kemampuan orang untuk melakukan pekerjaan mereka dengan baik dan memberikan kontribusi cedera bahu untuk jangka panjang. Jika bukan karena efek dari gravitasi, sikap netral tangan mungkin akan mengayun keluar setidaknya untuk beberapa derajat, karena merupakan titik tengah dari berbagai gerakan.

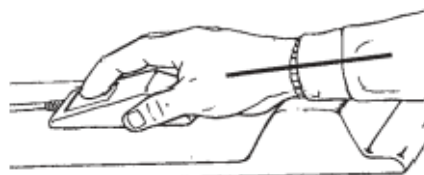


Gambar 2.7 Posisi siku dengan bahu santai

Sumber: Macleod, 2000 didalam penelitian Suripto, 2011

4. Pergelangan tangan segaris dengan lengan

Postur normal pergelangan tangan jauh lebih intuitif untuk memahami. Tangan harus berada di bidang yang sama dengan lengan bawah atau membentuk sudut agak dalam kurang lebih memegang kemudi mobil pada posisi jam 10 dan 2. Perhatikan bahwa sikap netral pergelangan tangan tidak di sudut kanan seperti memegang karangan bunga atau bermain piano. Sekali lagi, perlu ditekankan untuk memastikan bahwa tidak ada orang yang bekerja dengan sangat membungkuk pergelangan tangan. Mengoptimalkan postur pergelangan tangan adalah langkah sekunder.



Gambar 2.8 Posisi pergelangan tangan santai

Sumber: Macleod, 2000 didalam penelitian Suripto, 2011

2.2.2 Nordic Body Map

Adanya keluhan otot *skeletal* yang terkait dengan ukuran tubuh manusia lebih disebabkan oleh tidak adanya kondisi keseimbangan struktur rangka di dalam menerima beban, baik beban berat tubuh maupun beban tambahan lainnya. Misalnya tubuh yang tinggi rentan terhadap beban tekan dan tekukan, oleh sebab itu mempunyai resiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya keluhan otot *skeletal* (Wignjosoebroto, 2000). Melalui *nordic body map* diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak sakit sampai dengan sangat sakit. Kuesioner *nordic body map* terhadap segmen-segmen tubuh ditampilkan dalam gambar 2.9.



Gambar 2.9 Nordic body map

Sumber: Wilson, J. R & Corlett, 1995 didalam penelitian Susanto, 2012

2.2.3 Elemen Kerja

Elemen *Therblig* adalah penggolongan elemen kerja ke dalam beberapa kelompok elemen. Elemen gerakan terdiri dari 17 elemen

gerakan yang dikelompokkan, yaitu:

1. Kelompok gerakan utama

Elemen gerakan yang bersifat memberi nilai tambah termasuk di dalamnya, yaitu *assembly*, *disassembly* dan *use*. Kelompok gerakan utama dijelaskan sebagai berikut:

a. *Assembly* (A)

Elemen gerakan menghubungkan dua obyek atau lebih menjadi satu kesatuan.

b. *Disassembly* (DA)

Elemen gerakan yang memisahkan atau menguraikan dua obyek yang tergabung menjadi satu menjadi obyek terpisah.

c. *Use* (U)

Elemen gerakan dimana salah satu atau kedua tangan digunakan unruk memakai atau mengontrol suatu alat atau obyek untuk tujuan tertentu.

2. Kelompok gerakan penunjang.

Elemen gerakan yang kurang memberikan nilai tambah, namun diperlukan. Terdiri dari elemen gerakan *reach*, *grasp*, *move* dan *released load*. Elemen gerakan ini dijelaskan, sebagai berikut:

a. *Reach* (RE)

Merupakan gerakan yang menggambarkan gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban atau hambatan baik gerakan menuju atau menjauhi obyek.

b. *Grasp* (G)

Merupakan elemen gerakan tangan yang dilakukan dengan menutup jari-jari tangan pada obyek yang dikehendaki dalam suatu operasi kerja.

c. *Move* (M)

Merupakan gerakan perpindahan tangan, hanya di sini tangan bergerak dalam kondisi membawa beban.

d. *Released load* (RL)

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan operator melepaskan

kembali terhadap obyek yang dipegang sebelumnya.

3. Kelompok gerakan pembantu

Elemen-elemen gerakan yang tidak memberikan nilai tambah dan memungkinkan untuk dihilangkan. Elemen-elemen gerakan yang termasuk di dalamnya, yaitu *search*, *select*, *position*, *hold*, *inspection* dan *pre-position*. Kelompok gerakan pembantu dijelaskan, sebagai berikut:

a. *Search* (S)

Merupakan elemen dasar gerakan pekerja untuk menentukan lokasi suatu obyek, dalam hal ini dilakukan oleh mata. Gerakan ini dimulai pada saat mata bergerak mencari obyek dan berakhir bila obyek tersebut ditemukan.

b. *Select* (SE)

Merupakan gerakan kerja menemukan atau memilih obyek diantara dua atau lebih obyek yang sama lainnya.

c. *Position* (P)

Elemen gerakan yang terdiri dari menempatkan obyek pada lokasi yang dituju secara tepat.

d. *Hold* (H)

Elemen gerakan yang terjadi pada saat tangan memegang obyek tanpa menggerakkan obyek tersebut.

e. *Inspection* (I)

Langkah kerja menjamin bahwa obyek telah memenuhi persyaratan kualitas yang ditetapkan.

f. *Pre-position* (PP)

Elemen gerakan mengarahkan obyek pada suatu tempat sementara, sehingga pada saat dilakukan, maka dengan mudah obyek akan bisa dipegang dan dibawa ke arah tujuan yang dikehendaki.

4. Kelompok gerakan luar

Elemen gerakan yang sama sekali tidak memberikan nilai tambah, sehingga sedapat mungkin dihilangkan. Terdiri dari elemen gerakan *rest to overcome fatigue*, *plan*, *unavoidable delay* dan *avoidable delay*.

Elemen ini dijelaskan, *fatigue*, *plan*, *unavoidable delay* dan *avoidable delay*. Elemen ini dijelaskan: sebagai berikut:

a. *Rest to overcome fatigue* (R)

Waktu untuk memulihkan kondisi badan dari kelelahan fisik.

b. *Plan* (P)

Merencanakan merupakan proses mental operator berhenti sejenak bekerja dan memikirkan menentukan tindakan selanjutnya.

c. *Unavoidable delay* (UD)

Kondisi kerja ini merupakan kondisi yang diakibatkan oleh hal-hal yang di luar kontrol dari operator dan merupakan interupsi terhadap proses kerja yang sedang berlangsung.

d. *Avoidable delay* (AD)

Waktu menganggur yang terjadi selama siklus kerja yang dihindarkan.

2.3. DESAIN DAN ERGONOMI

Manusia dalam kehidupan sehari-harinya banyak menggunakan berbagai macam produk, mesin maupun peralatan kerja untuk memenuhi kebutuhannya. manusia merupakan komponen yang penting untuk setiap sistem operasional (sistem manusia-mesin) yang berfungsi untuk menghasilkan sebuah aktivitas kerja. Agar sistem tersebut dapat berfungsi baik, maka sub-sistem (komponen-komponen) pendukungnya haruslah dirancang “*compatible*” satu dengan yang sub-sistem mesin, tetapi juga menyangkut manusia yang berinteraksi dengan sub sistem mesin tersebut untuk membentuk sebuah sistem manusia-mesin (*man-machine system*). Oleh karena itu sangat mendasar sekali kalau seorang perancang mesin (produk) selalu mempertimbangkan manusia sebagai sub-sistem yang perlu diselaraskan dengan sub-sistem mesin (produk) yang layak dioperasikan nantinya.

Berkaitan dengan hal tersebut sudah semestinya seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan di dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*). Kemudian menggunakan semua informasi

mengenai faktor manusia (*human factors*) ini sebagai acuan dalam menghasilkan rancangan mesin atau produk yang serasi, selaras dan seimbang dengan manusia yang mengoperasikannya (Wignjosoebroto, 2000 didalam penelitian Suropto, 2011).

Seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*). Perancang produk harus dapat mengintegrasikan semua aspek manusiawi tersebut dalam karya rancangannya dalam sebuah konsep "*Human Integrated Design*".

Human Integrated Design (HID) dijelaskan berdasarkan 2 (dua) prinsip, yaitu seorang perancang produk harus menyadari benar bahwa faktor manusia menjadi kunci penentu sukses didalam operasionalisasi sistem manusia-mesin (produk), tidak peduli apakah sistem tersebut bersifat manual, mekanis (*semi-automatic*) atau otomatis penuh. Kemudian perancang produk harus menyadari bahwa setiap produk memerlukan informasi detail dari semua faktor yang terkait dalam setiap proses perancangan

Pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk yang paling tampak nyata aplikasinya melalui pemanfaatan data anthropometri (ukuran tubuh) guna menetapkan dimensi ukuran geometris dari produk dan bentuk tertentu dari produk yang disesuaikan dengan ukuran maupun bentuk (*feature*) tubuh manusia pemakainya. Data *anthropometri* yang menyajikan informasi mengenai ukuran maupun bentuk dari berbagai anggota tubuh manusia yang dibedakan berdasarkan usia, jenis kelamin, suku bangsa (etnis), posisi tubuh pada saat bekerja yang diakomodasikan dalam penetapan dimensi ukuran produk yang dirancang.

2.4. ANTHROPOMETRI

Prinsip *human centered design* yang menyatakan bahwa manusia merupakan objek dasar dalam melakukan perancangan, manusia tidak menyesuaikan dirinya dengan alat yang dioperasikan (*the man fits to the design*), melainkan sebaliknya yaitu alat yang dirancang terlebih dahulu memperhatikan kelebihan dan keterbatasan manusia yang mengoperasikannya (*the design fits to*

the man).

Anthropometri berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. *Anthropometri* adalah studi tentang dimensi tubuh manusia. Secara definitif *anthropometri* dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. *Anthropometri* merupakan ilmu yang menyelidiki manusia dari segi keadaan dan ciri-ciri fisiknya, seperti dimensi linier, volume, dan berat.

Pada umumnya manusia berbeda dalam hal bentuk dan ukuran tubuh. Beberapa faktor yang mempengaruhi ukuran tubuh manusia, yaitu:

1. Umur

Dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar seiring dengan bertambahnya umur, yaitu sejak awal kelahirannya sampai dengan umur sekitar 20 tahun. Penelitian yang dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa laki-laki akan tumbuh dan berkembang naik sampai dengan usia 21,2 tahun, sedangkan wanita 17,3 tahun. Meskipun ada sekitar 10% yang masih terus bertambah tinggi sampai usia 23,5 tahun untuk laki-laki dan 21,1 tahun untuk wanita, setelah itu tidak lagi terjadi pertumbuhan.

2. Jenis kelamin

Jenis kelamin pria umumnya memiliki dimensi tubuh yang lebih besar kecuali dada dan pinggul.

3. Suku bangsa

Dimensi tubuh suku bangsa negara barat lebih besar dari pada dimensi tubuh suku bangsa negara timur.

4. Posisi tubuh

Sikap ataupun posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh. Oleh karena itu posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran.

Posisi tubuh berpengaruh terhadap ukuran tubuh yang digunakan. Oleh karena itu, dalam *anthropometri* dikenal 2 cara pengukuran, yaitu:

1. Pengukuran dimensi struktur tubuh atau statis (*structural body dimension*)

Tubuh diukur dalam berbagai posisi standar dan tidak bergerak. Istilah lain untuk pengukuran ini dikenal dengan ‘*static anthropometri*’. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam

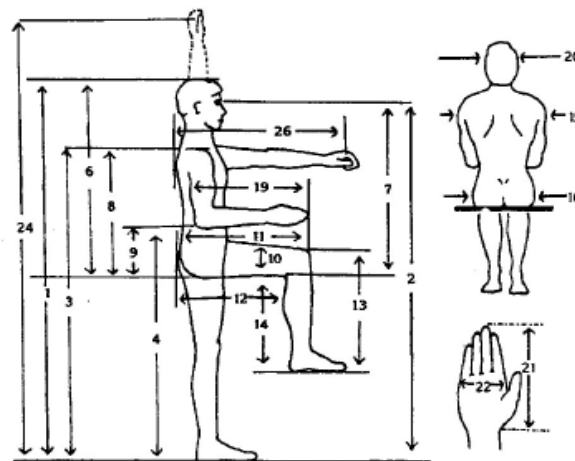
posisi berdiri, maupun duduk, ukuran kepala, tinggi atau panjang lutut berdiri maupun duduk, panjang lengan

2. Pengukuran dimensi fungsional atau dinamis (*functional body dimension*)

Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat melakukan gerakan tertentu. Hal pokok yang ditekankan pada pengukuran dimensi fungsional tubuh ini adalah mendapatkan ukuran tubuh yang berkaitan dengan gerakan nyata yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu.

2.4.1 Dimensi Anthropometri

Data *anthropometri* dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas ditampilkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Anthropometri untuk perancangan produk atau fasilitas kerja

Sumber : Wignjosoebroto, 1995

Keterangan gambar 2.10 di atas, yaitu:

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala)
- 2 : Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
- 3 : Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
- 4 : Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus)
- 5 : Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak

(dalam gambar tidak ditunjukkan)

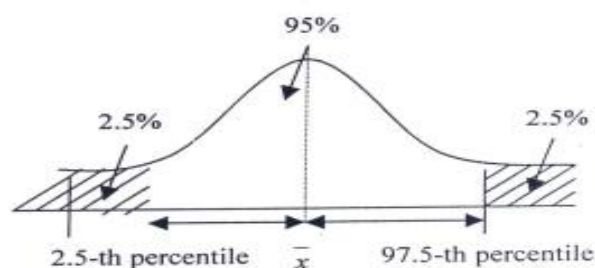
- 6 :Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala)
- 7 : Tinggi mata dalam posisi duduk
- 8 : Tinggi bahu dalam posisi duduk
- 9 : Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
- 10 : Tebal atau lebar paha
- 11 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan. ujung lutut
- 12 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis
- 13 : Tinggi lutut yang di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk
- 14 :Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang di ukur dari lantai sampai dengan paha
- 15 : Lebar dari bahu di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam gambar)
- 18 : Lebar perut
- 19 : Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus
- 20 : Lebar kepala
- 21 : Panjang tangan di ukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari
- 22 : Lebar telapak tangan
- 23 :Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan(tidak ditunjukkan dalam gambar)
- 24 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak
- 25 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak
- 26 : Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan di ukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan

Selanjutnya untuk memperjelas mengenai data anthropometri yang tepat diaplikasikan dalam berbagai rancangan produk ataupun fasilitas kerja, diperlukan pengambilan ukuran dimensi anggota tubuh.

2.4.2. Aplikasi Distribusi Normal Dalam Anthropometri

Penerapan data *anthropometri* distribusi yang umum digunakan adalah distribusi normal (Nurmianto, 2004 didalam penelitian Suropto 2011). Dalam statistik, distribusi normal diformulasikan berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi dari data yang ada. Nilai rata-rata dan standar deviasi yang ditentukan *percentile* sesuai tabel probabilitas distribusi normal.

Adanya variansi tubuh yang cukup besar pada ukuran tubuh manusia secara perseorangan, maka perlu memperhatikan rentang nilai yang ada. Masalah adanya variansi ukuran sebenarnya lebih mudah diatasi bilamana mampu merancang produk yang memiliki fleksibilitas dan sifat ‘mampu suai’ dengan suatu rentang ukuran tertentu. Pada penetapan data *anthropometri*, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Distribusi normal diformulasikan berdasarkan harga rata-rata dan simpangan standarnya dari data yang ada. Berdasarkan nilai yang ada tersebut, maka persentil (ukuran pada atau di bawah nilai tersebut) bisa ditetapkan sesuai table probabilitas distribusi normal. Bilamana diharapkan ukuran yang mampu mengakomodasikan 95% dari populasi yang ada, maka diambil rentang 2,5th dan 97,5th persentil sebagai batas-batasnya. nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari orang yang memiliki



Gambar 2.11 Distribusi normal dengan data anthropometri 95-th percentile

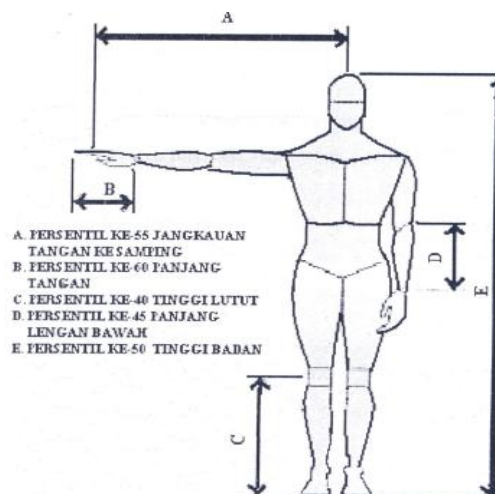
Sumber : Wignjosoebroto, 1995

Secara statistik diperlihatkan data hasil pengukuran tubuh manusia pada berbagai populasi terdistribusi dalam grafik sedemikian rupa

sehingga data-data yang bernilai kurang lebih sama akan terkumpul di bagian tengah grafik. Persentil menunjukkan jumlah bagian per seratus orang dari suatu populasi yang memiliki ukuran tubuh tertentu. Tujuan penelitian, sebuah populasi dibagi-bagi berdasarkan kategori dengan jumlah keseluruhan 100% dan diurutkan mulai dari populasi terkecil hingga terbesar berkaitan dengan beberapa pengukuran tubuh tertentu. Sebagai contoh, persentil ke-95 dari suatu pengukuran tinggi badan berarti bahwa hanya 5% data merupakan data tinggi badan yang bernilai lebih besar dari suatu populasi dan 95% populasi merupakan data tinggi badan yang bernilai sama atau lebih rendah pada populasi tersebut.

Persentil ke-50 memberi gambaran yang mendekati nilai rata-rata dari suatu kelompok tertentu. Suatu kesalahan yang serius pada penerapan suatu data dengan mengasumsikan bahwa setiap ukuran pada persentil ke-50 mewakili pengukuran manusia rata-rata, sehingga digunakan sebagai pedoman perancangan. Kesalahpahaman yang terjadi dengan asumsi tersebut mengaburkan pengertian atas makna 50% dari kelompok, Sebenarnya tidak ada yang dapat disebut “manusia rata-rata”.

Ada dua hal penting yang harus selalu diingat bila menggunakan persentil. Pertama, suatu persentil anthropometri dari tiap individu hanya berlaku untuk satu data dimensi tubuh saja. Kedua, tidak dapat dikatakan seseorang memiliki persentil yang sama, ke-95, atau ke-90 atau ke-5, untuk keseluruhan dimensi. Tidak ada orang dengan keseluruhan dimensi tubuhnya mempunyai nilai persentil yang sama, karena seseorang dengan persentil ke-50 untuk data tinggi badannya, memiliki persentil 40 untuk data tinggi lututnya, atau persentil ke-60 untuk data panjang lengannya seperti ilustrasi pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Ilustrasi seseorang dengan tinggi badan P50 mungkin saja memiliki jangkauan tangan ke samping P55

Sumber : Wignjosoebroto, 2000 didalam penelitian Suropto, 2011

Sebuah perancangan diperlukan identifikasi mengenai dimensi ruang dan dimensi jangkauan. Dimensi ruang merupakan dimensi yang menggunakan ukuran 90P ataupun 95P, bertujuan orang yang ukurannya datanya tersebar pada wilayah tersebut dapat lebih merasa nyaman ketika menggunakan hasil rancangan. Dimensi jangkauan lebih sering menggunakan ukuran 5P ataupun 10P, bertujuan orang yang datanya tersebar pada wilayah tersebut dapat turut menggunakan fasilitas yang tersedia.

Pemakaian nilai-nilai persentil yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data *anthropometri* ditampilkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Macam Persentil Dan Cara perhitungan Dalam Distribusi Normal

PERSENTIL	PERHITUNGAN
1-st	$X - 2.325 \sigma x$
2.5-th	$X - 1.96 \sigma x$
5-th	$X - 1.645 \sigma x$
10-th	$X - 1.28 \sigma x$

50-th	\bar{X}
90-th	$\bar{X} + 1.28 \sigma_x$
95-th	$\bar{X} + 1.645 \sigma_x$

Sumber : Nurmianto, 2005

Keterangan Tabel 2.1 di atas, yaitu:

\bar{x} = *mean* data

σ_x = standart deviasi dari data

2.4.3 Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk

Penggunaan data *anthropometri* dalam penentuan ukuran produk mempertimbangkan prinsip produk yang dirancang sesuai dengan ukuran tubuh pengguna (Wignjosoebroto, 2003 didalam penelitian Suropto, 2011), yaitu :

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim

Rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk, yaitu:

- a. Sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
- b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada), agar memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran diaplikasikan, yaitu:
 - Dimensi *minimum* harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai *percentile* terbesar misalnya *90-th*, *95-th*, atau *99-th percentile*.
 - Dimensi maksimum harus ditetapkan diambil berdasarkan *percentile* terkecil misalnya *1-th*, *5-th*, atau *10-th percentile*.

2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (*adjustable*).

Produk dirancang dengan ukuran yang dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksible untuk dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki

berbagai macam ukuran tubuh. Mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini maka data anthropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th.

3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata

Produk dirancang berdasarkan pada ukuran rata-rata tubuh manusia atau dalam rentang *50-th percentile*. Berkaitan dengan aplikasi data *anthropometri* yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, beberapa rekomendasi yang diberikan sesuai dengan langkah-langkah, sebagai berikut:

- a. Pertama kali terlebih dahulu ditetapkan anggota tubuh yang difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- b. Tentukan dimensi tubuh dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* ataukah *functional body dimension*.
- c. Populasi terbesar yang diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut.
- d. Tetapkan prinsip ukuran yang diikuti semisal apakah rancangan rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
- e. Pilih persentil populasi yang diikuti; ke-5, ke-50, ke-95 atau nilai persentil yang lain yang dikehendaki.
- f. Setiap dimensi tubuh yang diidentifikasi selanjutnya pilih atau tetapkan nilai ukurannya dari tabel data *anthropometri* yang sesuai. Aplikasikan data seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (*gloves*).

2.5. KELUHAN MUSKULOSKELETAL

Sistem muskuloskeletal adalah sistem otot rangka atau otot yang melekat pada tulang yang terdiri atas otot-otot serat lintang yang sifat gerakannya dapat diatur (*voluter*). Pada permasalahan di dunia pengelasan banyak melibatkan kerja otot statis maupun dinamis. Kerja otot statis terjadi pada aktivitas mengangkat,

menyangga, mendorong, menarik dan menurunkan beban (otot lengan, bahu, pinggang dan punggung), sedangkan kerja otot dinamis terjadi pada aktivitas mengangkat, mendorong, dan menarik seperti; otot-otot bagian bawah. Mengurangi tingkat kelelahan otot pada proses pengelasan salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu landasan untuk benda kerja yang ergonomis , sehingga aktivitas yang menyebabkan kelelahan dapat dikurangi ataupun dapat dihindari. Sikap paksa sewaktu bekerja dan berlangsung lama dapat menyebabkan adanya beban pada sistem muskuloskeletal dan efek negatif pada kesehatan.

Keluhan *muskuloskeletal* adalah keluhan pada bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang dari mulai keluhan ringan hingga keluhan yang terasa sangat sakit. Apabila otot statis menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Hal inilah yang menyebabkan rasa sakit, keluhan ini disebut keluhan *musculoskeletal*.

Keluhan otot skeletal pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang terlalu berlebihan akibat pembebanan kerja yang terlalu panjang dengan durasi pembebanan yang panjang. Sebaliknya, keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot berkisar antara 15-20% dari kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20% maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan timbulnya rasa nyeri otot (Suma'mur,1996 didalam penelitian Suripto, 2011).

Kelelahan otot merupakan fenomena fisiologi dapat diukur secara langsung dengan *Electromyography* (EMG) untuk mendeteksi penyebab terjadinya kelelahan, sedangkan metode pengukuran secara tidak langsung berupa penilaian subjektif pada pekerja dengan menanyakan dan menunjukan diagram tubuh atau kuesioner untuk menentukan lokasi kelelahan atau gangguan muskuloskeletal disebut *Nordic Body Map*. Kuesioner *Nordic Body Map* merupakan salah satu bentuk kuesioner checklist ergonomi. Bentuk lain dari *checklist* ergonomi adalah

checklist International Labour Organization (ILO). Namun kuesioner *Nordic Body Map* adalah kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada para pekerja, dan kuesioner ini paling sering digunakan karena sudah terstandarisasi dan tersusun rapi. Kuesioner *Nordic Body Map* dipilih sebagai alat ukur untuk menilai kelelahan otot berupa gangguan muskuloskeletal dengan alasan digunakan metode ini karena mudah, murah dan cukup reliabel. Penerapan di lapangan dilakukan penjelasan sederhana kepada pekerja.

2.5.1. Kelelahan

Pada dasarnya kelelahan menggambarkan tiga fenomena yaitu perasaan lelah, perubahan fisiologis tubuh, dan pengurangan kemampuan melakukan kerja (Barnes 1980 didalam penelitian Suripto, 2011). Kelelahan merupakan suatu pertanda yang bersifat sebagai pengaman yang memberitahukan tubuh bahwa kerja yang dilakukan telah melewati batas maksimal kemampuannya, kelelahan pada dasarnya merupakan suatu keadaan yang mudah dipulihkan dengan beristirahat. Tetapi jika dibiarkan terus-menerus akan berakibat buruk dan dapat menimbulkan penyakit akibat kerja. Ada 2 (dua) jenis kelelahan yakni kelelahan otot dan kelelahan umum.

Kelelahan otot merupakan suatu penurunan kapasitas otot dalam bekerja akibat kontraksi tulang. Otot yang lelah akan menunjukkan kurangnya kekuatan , bertambahnya waktu kontraksi dan relaksasi, berkurangnya koordinasi serta otot menjadi gemetar (Suma'mur, 1996 didalam penelitian Suripto, 2011)

2.6. PROSES PENGELASAN

Pengelasan adalah suatu proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk sambungan melalui ikatan kimia dari yaitu menyambung dua logam pemakaian panas dan tekanan. Fungsi dan tujuan dari pengelasan atau lebih menjadi suatu komponen yang utuh. Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, pengelasan digunakan pada sambungan-sambungan dan reparasi-reparasi yang kurang penting. Tetapi seiring

perkembangan jaman, maka proses pengelasan dan penggunaan konstruksi las merupakan hal yang umum di semua negara di dunia.

2.6.1. Teknik Pengelasan

Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dan gerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Menurut Fadli (2008), posisi mengelas terdiri dari 4 macam, yaitu :

1. Posisi dibawah tangan.

Posisi dibawah tangan yaitu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata atau datar dan dilakukan dibawah tangan . Kemiringan elektroda las sekitar 10° - 20° terhadap garis vertical dan 70° - 80° terhadap benda kerja.



Gambar 2.13 Posisi pengelasan di bawah tangan

Sumber : Fadli, 2008 didalam penelitian Suripto, 2011

2. Posisi datar (horizontal)

Mengelas dengan horizontal disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak lurus dan arah elektroda mengikuti horisontal. Sewaktu mengelas , elektroda dibuat miring sekitar 5° - 10° terhadap garis vertical dan 70° - 80° kearah benda kerja.



Gambar 2.14 Posisi pengelasan datar

Sumber : Fadli, 2008 didalam penelitian Suripto, 2011

3. Posisi tegak (vertikal)

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya ke atas atau ke bawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar 10° - 15° terhadap garis vertical dan 70° - 85° terhadap benda kerja.



Gambar 2.15 Posisi pengelasan vertikal

Sumber : Fadli, 2008 didalam penelitian Suripto, 2011

4. Posisi di atas kepala (*over head*).

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dan mengenai juru las. Oleh karena itu dibutuhkan perlengkapan yang lengkap, seperti baju las (*apron*), sarung tangan (*safety gloves*), sepatu kulit (*safety shoes*). Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar 5° - 20° terhadap garis vertical dan 75° - 85° terhadap benda kerja.



Gambar 2.16 Posisi pengelasan *over head*

Sumber : Fadli, 2008 didalam penelitian Suropto, 2011

2.7. REKAYASA NILAI (*VALUE ENGINEERING*)

2.7.1. Sejarah Perkembangan Rekayasa Nilai

Rekayasa Nilai atau *Value Engineering* dimulai di *General Electric Co.* saat berlangsungnya perang dunia kedua. Perang tersebut menyebabkan sedikitnya sumber dayasehingga Lawrence Miles dan Harry Erlicher sehingga mereka mencari alternative alternative pengganti yang merekayakini bahwa hal tersebut dapat mengurangi biaya sekaligus meningkatkan kualitas produksinya yang mereka sebut “value analysis”.

Pada tahun 1962, VE menjadi suatu persyaratan yang diwajibkan dalam peraturan pengadaan angkatan bersenjata *Armed Services Procurement Regulations* (ASPR). Perubahan dalam ASPR ini telah memperkenalkan VE dalam dua badan konstruksi yang terbesar di Amerika yaitu Korps InsinyurTentara Amerika (*US Navy Bureau of Yards and Docks*). Selama tahun 1960 sampai 1970, beberapa instansi pemerintah serta kewenangan hukum lainnya telahmemberlakukan VE, termasuk biro reklamasi, badan aeronautika dan ruangangkasa nasional *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Rekayasa Nilai sebagai suatu teknik manajemen yang menghasilkan penghematanbiaya proyek berkembang dengan pesat dalam dunia industri konstruksi. Pengaruhnya sampai ke Indonesia tahun 1986, pada saat pemerintah sedang melakukan program efisiensi dalam penggunaan biaya.(https://www.academia.edu/7465863/BAB_II?)

2.7.2. Pengertian Rekayasa Nilai

Pengertian Analisa Nilai atau Rekayasa Nilai adalah suatu pendekatan yang terorganisasi dan kreatif yang bertujuan untuk mengadakan pengidentifikasian biaya yang tidak perlu. Biaya yang tidak perlu ini adalah biaya yang tidak memberikan kualitas, kegunaan, sesuatu yang menghidupkan, penampilan yang baik ataupun sifat yang diinginkan oleh konsumen (Barrie, 1987).

(https://www.academia.edu/7465863/BAB_II?)

Value Engineering (Rekayasa Nilai) atau biasa disebut VE, adalah suatu susunan metode untuk mengurangi biaya produksi atau penggunaan barang dan jasa, tanpa mengurangi mutu yang diperlukan atau performa (*Performance*)

Menurut Venkataramanan, Rekayasa Nilai (*Value Engineering* atau *Value Management*), didefinisikan sebagai:

“....sesuatu yang direncanakan secara sistematis, teknik kreatif pada analisa dari kegunaan atau fungsi suatu produk, jasa atau sebuah sistem dengan tujuan untuk mencapai kegunaan atau fungsi yang diinginkan, dengan biaya keseluruhan yang paling rendah, sesuai dengan persyaratan yang memenuhi nilai tersebut....

Dalam aplikasi nyata, *Value Engineering* terdiri dari sebuah urutan berupa langkah-langkah teknis untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi biaya tak perlu. Pelaksanaannya dikonsentrasikan pada kegunaan atau fungsi dan biaya....” (Fellows, 2002 didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai).

Dari *Society of American Value Engineers*, mendefinisikan “Rekayasa Nilai adalah usaha yang terorganisasi secara sistematis dan mengaplikasikan suatu teknik yang telah diakui, yaitu teknik mengidentifikasi fungsi produk atau jasa yang bertujuan memenuhi fungsi yang diperlukan dengan harga yang terendah (paling ekonomis)”.

Sedangkan menurut E. R. Fisk (1982) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai, definisi rekayasa nilai yang lebih spesifik untuk proyek adalah:

“Rekayasa nilai adalah evaluasi sistematis atas desain-*engineering* suatu proyek untuk mendapatkan nilai yang paling tinggi bagi setiap dolar yang dikeluarkan. Selanjutnya, rekayasa nilai mengkaji dan memikirkan berbagai komponen kegiatan, seperti pengadaan, pabrikasi, dan konstruksi serta kegiatan-kegiatan lain dalam kaitannya antara biaya terhadap fungsinya, dengan tujuan mendapatkan penurunan biaya proyek secara keseluruhan”.

Pemahaman Rekayasa Nilai dan Analisa Nilai secara umum menurut L.W. Crum tahun 1971 dalam buku *Value Engineering The Organised Search for Value* :

Rekayasa Nilai adalah suatu prosedur disiplin menuju pencapaian fungsi-fungsi yang diperlukan untuk mencapai biaya minimum tanpa mengurangi mutu, kehandalan, kemampuan dan distribusi.

Analisa Nilai dalam pengertian yang luas adalah sebuah prosedur disiplin yang diarahkan menuju penerimaan fungsi-fungsi yang diperlukan untuk mencapai biayaminimal, tanpa mengurangi mutu, kehandalan, kemampuan dan distribusi.

Sedangkan Rekayasa Nilai adalah pelaksanaan teknik-teknik Analisa Nilai dalam tahap perancangan utama dan pengembangan. Kontrol nilai adalah prosedur operasi yang digunakan oleh perusahaan untuk memastikan bahwa pertimbangan nilai akan terus diterapkan secara berkelanjutan.

2.7.3 Konsep Utama Rekayasa Nilai

VE memiliki tujuan yaitu

- Meningkatkan manfaat dengan tidak menambah biaya.
- Mengurangi biaya dengan mempertahankan manfaat
- Kombinasi keduanya.

Konsep utama metodologi VE terletak pada fungsi, biaya, dan manfaat. Untuk dapat memahami VE lebih mendalam perlu diketahui pengertian mengenai arti nilai, biaya dan fungsi. VE memiliki fokus pada analisis pada masalah nilai terhadap fungsinya, atau dengan kata lain analisis biaya didasarkan pada biaya terendah yang dapat memenuhi

fungsinya.

2.7.4 Elemen Pokok Rekayasa Nilai

VE mempunyai beberapa hal yang dapat membantu tim, yang disebut sebagai alat (*toolkit*) dari analisa penilaian yaitu :

1. Pemilihan proyek untuk studi VE.
2. Pendanaan dan harga-harga satuan untuk penilaian.
3. "life cycle costing" (O&O - *Owning & Operating Cost*)
4. Pendekatan fungsional
5. Teknik sistem analisa fungsi (FAST - *Function Analysis Systems Technique*)
6. Rencana kerja VE
7. Kreativitas
8. Menentukan dan melaksanakan program VE.

Syarat-syarat tersebut di atas sebaiknya dimanfaatkan didalam melaksanakan studi VE untuk suatu proyek.

2.7.5 Prinsip-prinsip Rekayasa Nilai

Tujuan utama penciptaan suatu produk pada dasarnya adalah untukkepuasan kepada pemakainya. Dengan demikian para perancang produk seharusnya tidak menciptakan fungsi-fungsi produk yang berlebihan yang pada akhirnya tidak berguna. Jadi gagasan harus dikembangkan dengan bertitik tolak dari:

- Penghematan biaya
- Penghematan waktu
- Penghematan bahan

Dengan memperhatikan aspek kualitas dari produk jadi.

Dalam merancang suatu produk, permasalahan yang dihadapi dapat dirumuskan sebagai berikut: Apabila fungsi pokok telah terpenuhi sampai sejauh mana perancang dapat menambahkan fungsi-fungsi sekunder. Hal ini perlu diperhatikan mengingat penambahan fungsi pada produk akan selalu berarti penambahan biaya. Kiranya dapat dipahami bahwa dalam hal tertentu mungkin saja konsumen lebih menyukai produk yang sederhana,

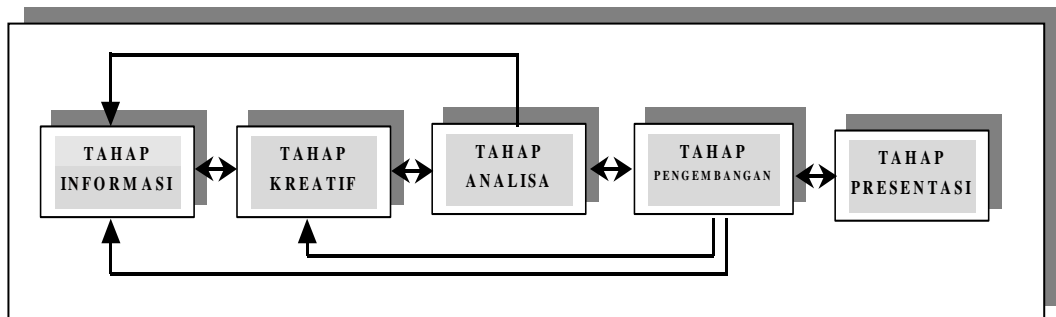
lebih rasional, dan murah.

2.8. TAHAPAN-TAHAPAN REKAYASA NILAI

Menurut Hutabarat (1995) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan analisis *Value Engineering* ada 5 tahap, yaitu :

1. Tahap Informasi.
2. Tahap Kreatif.
3. Tahap Analisis.
4. Tahap Pengembangan.
5. Tahap Persentasi.

Setiap tahapan mempunyai tujuan masing-masing dan mempunyai pertanyaan kunci yang harus dijawab sebagai alat bantu. Sedangkan kelima tahapan kerja analisa nilai harus melalui tahap demi tahap, namun tidak menutup kemungkinan jika sampai pada suatu tahap proses tersebut harus kembali ketahap sebelumnya. Pada gambar 2.17 diilustrasikan hubungan antara satu tahap dengan tahap lainnya dalam proses kerja lima tahap.



Gambar 2.17 Hubungan rencana kerja lima tahap rekayasa nilai

2.8.1. Tahap informasi

Tahap informasi adalah tahap mengumpulkan sebanyak mungkin data mengenai proyek. Proses di mana mencari informasi mengenai pekerjaan tiap komponen, sedangkan dalam penelitian ini menggunakan komponen pelat yang akan dilakukan *Value Engineering*. Menurut Dell'Isola (1982) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai pada saat pengumpulan informasi beberapa pertanyaan perlu mendapat jawaban seperti:

- Apakah ini?
- Apa yang dikerjakannya?
- Apa yang harus dikerjakannya?
- Berapa biayanya?
- Berapakah nilainya?

Harapannya adalah untuk mendapatkan nilai dasar dan mendapatkan lingkup bagian yang akan dikaji secara lebih rinci pertanyaan diatas dapat memberikan alur sebagai berikut:

- Apakah ini?, akan membawa fitrah dan nature dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- Apa yang dikerjakannya?, akan membawa peran dan atau fungsi pada umumnya dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- Apa yang harus dikerjakannya?, akan membawa pada fungsi primer dari proyek beserta bagian-bagian dan komponen-komponennya.
- Berapa biayanya?, akan membawa biaya produksi dan pelaksanaan beserta bagian bagian dan komponen-komponennya.
- Berapakah nilainya?, apakah akan membawa kepada penghargaan atas manfaat yang didapat dari proyek bagian-bagian dan komponen komponennya oleh klien atau dalam hal ini pemilik proyek.

Informasi umum suatu proyek menurut Donomartono (1999) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai dapat berupa :

- Kriteria desain teknis.
- Kondisi lapangan (topografi, kondisi tanah, daerah sekitar, gambar sekitar).
- Kebutuhan-kebutuhan regular.
- Unsur-unsur desain (komponen konstruksi dan bagian-bagian dari proses).
- Riwayat proyek.
- Batasan yang dipakai untuk proyek.

- Utility yang tersedia.
- Perhitungan desain.
- Partisipasi publik.

Teknik-teknik yang dapat dipergunakan pada tahap informasi yaitu, *breakdown*, *cost model*, dan analisis fungsi. Teknik-teknik tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1. *Cost Model*

Dell'Isola (1974) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai mengatakan *cost model* adalah suatu model yang digunakan untuk menggambarkan distribusi biaya total suatu proyek. Penggambarannya dapat berupa suatu bagan yang disusun dari atas ke bawah. Bagian atas adalah jumlah biaya elemen bangunan dan dibawahnya merupakan susunan biaya item pekerjaan dari elemen bangunan tersebut. Dengan *cost model* dapat diketahui biaya total proyek secara keseluruhan dan dapat dilihat perbedaan biaya tiap elemen bangunan. Perbedaan biaya tiap elemen bangunan tersebut dapat dijadikan pedoman dalam menentukan item pekerjaan mana yang akan dianalisis VE.

2. *Breakdown*

Menurut Dell'Isola (1974) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai *breakdown* adalah suatu analisis untuk menggambarkan distribusi pemakaian biaya dari item-item pekerjaan suatu elemen bangunan. Jumlah biaya item pekerjaan tersebut kemudian diperbandingkan dengan total biaya proyek untuk mendapatkan prosentase bobot pekerjaan. Bila memiliki bobot pekerjaan besar, maka item pekerjaan tersebut potensial untuk dianalisis *Value Engineering*.

- Pekerjaan A-F merupakan item-item pekerjaan dari suatu elemen bangunan yang memiliki potensial untuk dilakukan VE. Item pekerjaan tersebut dipilih karena memiliki biaya yang besar dari elemen pekerjaan yang lainnya.
- Untuk mengetahui item pekerjaan tersebut potensial untuk dilakukan VE adalah dengan memperbandingkan jumlah item

pekerjaan tersebut dengan biaya total proyek. Bila memiliki prosentase besar, maka potensial dilakukan VE.

- Setelah diidentifikasi, selanjutnya dipilih salah satu item pekerjaan A-F yang memiliki potensial untuk dilakukan analisis VE. Selain memiliki biaya yang besar, dalam memilih item pekerjaan dapat ditinjau dari segi bahan dan desain yang dapat memunculkan berbagai macam alternatif pengganti.

3. Analisis Fungsi

Menurut Hutabarat (1995) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai, fungsi adalah kegunaan atau manfaat yang diberikan produk kepada pemakai untuk memenuhi suatu atau sekumpulan kebutuhan tertentu. Analisis fungsi merupakan suatu pendekatan untuk mendapatkan suatu nilai tertentu, dalam hal ini fungsi merupakan karakteristik produk atau proyek yang membuat produk atau proyek dapat bekerja ataudijual.

Secara umum fungsi dibedakan menjadi fungsi primer dan fungsi sekunder. Fungsi primer adalah fungsi, tujuan atau prosedur yang merupakan tujuan utama dan harus dipenuhi serta suatu identitas dari suatu produk tersebut dan tanpa fungsi tersebut produk tidak mempunyai kegunaan sama sekali. Fungsi sekunder adalah fungsi pendukung yang mungkin dibutuhkan untuk melengkapi fungsi dasar agar mempunyai nilai yang baik. Analisis fungsi bertujuan untuk Mengidentifikasi fungsi-fungsi *essensial* (sesuai dengan kebutuhan) dan menghilangkan fungsi-fungsi yang tidak diperlukan. agar perancang dapat mengidentifikasi komponen-komponen dan menghasilkan komponen-komponen yang diperlukan.

Tabel 2.2 Analisis Fungsi Komponen Pembangunan dan Nilai *Cost* dan *Worth*

NO	KOMPONEN	FUNGSI			WORTH (Rp)	COST (Rp)
		VERB	NOUN	KIND		
1	A	menahan	beban	P	Rp.....	Rp.....
2	B	meneruskan	beban	S	N/A	Rp.....
Jumlah					ΣRp W	ΣRp C

Nilai *cost / worth* = $\Sigma \text{Rp C} / \Sigma \text{Rp W}$

Dari tabel dapat dijelaskan sebagai berikut :

- A, B merupakan komponen-komponen dari item pekerjaan yang akan dianalisis fungsinya.
- Pada kolom fungsi yang terdapat kolom *verb*, *noun* dan *kind* merupakan identifikasi fungsi daripada komponen. Untuk *verb* merupakan identifikasi fungsi kata kerja pada komponen. Untuk *noun* merupakan identifikasi fungsi kata benda daripada komponen. Untuk *kind* merupakan identifikasi fungsi jenis daripada komponen. P merupakan fungsi primer/ pokok, sedangkan S merupakan fungsi sekunder.
- Pada kolom *cost* diisi biaya dari komponen, sedangkan pada *worth* diisi biaya hanya pada komponen yang memiliki fungsi primer.
- Nilai *cost/worth* menunjukkan bahwa komponen memiliki efisiensi dalam item pekerjaan tersebut.

2.8.2. Tahap kreatif

Tahap kreatif adalah suatu tahap di mana muncul alternatif-alternatif yang digunakan dalam melakukan analisis *Value Engineering* pada komponen pembangunan tersebut yaitu komponen pelat. Alternatif tersebut dapat dikaji dari segi bahan, dimensi, waktu pelaksanaan, biaya pelaksanaan dan lain-lain. Pada tahap ini juga dituliskan alasan dilakukan *Value Engineering* pada tiap elemen dan kelebihan, kekurangan setiap alternatif yang dimunculkan.

2.8.3. Tahap analisis

Tahap analisis adalah tahap di mana melakukan analisis terhadap alternatif-alternatif yang dipakai dalam item pekerjaan baik dari segi analisis perhitungan kontruksi maupun perhitungan biaya pekerjaan. Dalam tahapanalisis ini akan dapat diketahui alternatif terbaik yang dapatdipakai/digunakan dalam item pekerjaan bangunan tersebut.

Langkah-langkah dalam tahap analisis ini adalah

- a) Mencari kriteria pada setiap komponen yang akan di *value Engineering*. Kriteria di dapat dari Donomartono (1999) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai, disebutkan kriteria pada pekerjaan struktur yaitu pengaruh terhadap bangunan sekitar, biaya pelaksanaan, waktu tunggu, efisiensi daya dukung, kecepatan pelaksanaan, ketersediaan material dan jumlah tenaga kerja. Pada pekerjaan komponen pelat menggunakan 9 kriteria yaitu : Kemudahan Pelaksanaan, Waktu pelaksanaan, Waktu pemesanan, Kekuatan dan Mutu material, Biaya awal, Biaya pemeliharaan, Teknologi, Sarana Kerja dan Tenaga kerja, Pabrikasi. Pengambilan kriteria tersebut didasarkan karena sesuai dengan komponen yang akan di *value Engineering*.
- b) Mencari nilai rasio *cost/worth* pada setiap komponen yang akan di *value Engineering*. *Cost* adalah biaya awal yang dikeluarkan setiap komponen pekerjaan yang akan dilakukan *Value Engineering* baik yang fungsi primer maupun sekunder. *Worth* adalah biaya yang muncul setelah dilakukan *Value Engineering* baik yang mempunyai fungsi primer maupun sekunder. Sedangkan nilai rasio *cost / worth* adalah nilai rasio penghematan setelah dilakukan *Value Engineering* pada setiap komponen pekerjaan. Apabila nilai *cost / worth* > 1 artinya terjadi penghematan pada komponen tersebut, sedangkan nilai *cost / worth* < 1 artinya tidak terjadi penghematan pada komponen tersebut.

Tabel 2.3 Analisis Fungsi Komponen Pembangunan dan Nilai *Cost* dan *Worth*

NO	KOMPONEN	FUNGSI			WORTH (Rp)	COST (Rp)
		VERB	NOUN	KIND		
Jumlah						

Pada Tabel diatas dapat dijelaskan bahwa pada tabel tersebut terdapat kolom komponen, dimana komponen tersebut adalahkomponen/bagian dari item pekerjaan yang akan di *Value Engineering* yaitu pekerjaan komponen pelat. Pada tabel tersebut juga terdapat kolom fungsi *verb*, *noun* dan *kind* yang mempunyai fungsi masing-masing.

Kolom *verb* berisi fungsi kerja dari komponen tersebut, begitu juga dengan kolom *noun* yang berisi bentuk fungsi dari komponen tersebut. Sedangkan pada kolom fungsi *kind* berisi fungsi tersebut fungsi primer (pokok) atau sekunder. Kolom *cost* berisi biaya awal yang dikeluarkan pada setiap komponen pada pekerjaan yang akan di *value Engineering*,

Sedangkan *worth* adalah biaya yang dikeluarkan setelah dilakukan *Value Engineering*.

- c) Mencari bobot setiap kriteria-kriteria yang muncul dengan menggunakan metode perangkingan.
- d) Analisis Matriks Dengan Proses Hierarki Analitis (PHA) Proses pengambilan keputusan untuk memilih alternatif-alternatif yang terbaik menurut kriteria-kriteria yang telah ditentukan adalah hal yang tidak mudah, karena ada beberapa kriteria yang sifatnyatidak kuantitatif sehingga diperlukan teknik lain untuk menentukan alternatif mana yang terbaik. Proses pengambilan keputusan pada dasarnya adalah memilih suatu alternatif. Peralatan utama PHA adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utamanya persepsi manusia. Dengan hirarki, suatu masalah kompleks dan tidak terstruktur

dipecahkan ke dalam kelompok-kelompoknya. kemudian kelompok-kelompok tersebut diatur menjadi suatu hirarki (Permadi, 1992) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai.

PHA dikembangkan oleh Thomas L. Saaty yang dapat memecahkan masalah yang kompleks dengan aspek atau kriteria yang diambil cukup banyak. Juga kompleksitas ini disebabkan oleh struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian persepsi pengambilan keputusan serta ketidakpastian tersedianya data statistik yang akurat atau bahkan tidak ada sama sekali. Kelebihan PHA dibandingkan dengan yang lain, menurut Kandarsah Suryadi dan Ali Ramdhani (2000) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai adalah pertama struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada sub kriteria yang paling dalam, kedua memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan, ketiga memperhitungkan daya tahan atau ketahanan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan. Selain itu, PHA mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang multi-objektif dan multi-kriteria yang berdasar pada perbandingan preferensi dari setiap elemen dalam hirarki.

Pada dasarnya langkah-langkah dalam metode PHA meliputi:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan sub tujuan - sub tujuan, kriteria dan kemungkinan alternatif - alternatif pada tingkat kriteria yang paling bawah.
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atas.
4. Perbandingan dilakukan dengan judgement dari pengambilan keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.

5. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh penilaian (*judgement*) seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.
6. Menghitung nilai *eigen* dan menguji konsistensinya, jika tidak konsisten maka pengambilan data diulang.
7. Mengulangi langkah c, d, dan e untuk seluruh tingkat hirarki.
8. Menghitung vektor *eigen* dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai *eigen* merupakan bobot setiap elemen. Langkah untuk mensintesis penilaian (*judgment*) dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan.
9. Memeriksa konsistensi hirarki. Jika nilainya lebih dari 10 persen maka, penilaian (*judgement*) data harus diperbaiki. Penentuan prioritas, menurut Saaty (1980) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai, dengan menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lain. Untuk memudahkan pemahaman tentang penggunaan PHA sebagai analisis matriks pada penelitian tugas akhir ini lebih baik dibahas langkah satu per satu. Pada dasarnya PHA adalah suatu teknik yang sederhana dan efisien untuk memecahkan persoalan. Langkah-langkah PHA yang lebih detail adalah sebagai berikut ini :
 1. Tetapkan kriteria yang sesuai dengan preferensi jembatan Antara berbagai sifat dengan membentuk matriks yang membandingkan berbagai sifat itu secara berpasangan yang berkenaan dengan nilai ekonomis yang rendah.
 2. Kriteria-kriteria yang telah dibentuk pada poin 1 akan membentuk matriks berpasangan dengan membentuk elemen-elemen kolom dan elemen baris.
 3. Elemen yang ada di kolom sebelah kiri, selalu dibandingkan dengan elemen-elemen yang ada di puncak, dan nilainya diberikan kepada elemen dalam kolom, sewaktu dibandingkan dengan elemen dalam baris.

4. Selanjutnya meratakan sepanjang baris dengan menjumlahkan semua nilai dalam setiap baris matriks yang dinormalisasikan dan membaginya dengan banyaknya entri dari setiap baris. Sintesis ini menghasilkan persentasi prioritas relatif menyeluruh.
5. Dengan ketakkonsistenan, semua nilai itu berubah, yang menjadi pertanyaan adalah berapakahsignifikannya perubahan ini? Misalkan ingin membandingkan ketakkonsistenan dengan nilai yang akandiperoleh jika pertimbangan-pertimbangan itu acak. Untuk itu kalikan matriks yang tidak konsisten dengan baris pada prioritas vektor (VP). Proses ini akan menghasilkan matriks II.
6. Langkah selajutnya baris matriks II dijumlahkan dengan prioritas vector (VP), sehingga menghasilkan nilai prioritas (MNP) pada masing-masing kriteria.

Nilai prioritas ini diuji konsistensinya. Indeks konsistensinya (CI) akan dibandingkan dengan rasio konsistensi (CR) untuk menunjukan bahwa konsistensi baik atau tidak. PHA mengukur konsistensi menyeluruh dari berbagai pertimbangan melalui rasio konsistensi. Nilai rasio konsistensi harus 10 % atau kurang. Jika lebih dari 10%, pertimbangan itu agak acak dan mungkin perlu diperbaiki. Cara untuk memperbaiki konsistensi bila tidak memuaskan adalah dengan jalan memperingatkan aktivitas-aktivitas menurut suatu urutan sederhana yang didasarkan pada bobot-bobot yang diperoleh pada proses pertama. Jika menggunakan intensitas sifat dari kriteria-kriteria dalam menentukan penilaian maka sifat-sifat (contoh tinggi, sedang, dan rendah) tersebut harus dikalikan dengan vektor prioritas (VP) kriteria dengan VP sifat-sifat tersebut untuk menghasilkan nilai prioritas tertinggi berdasarkan intensitas sifat yang diinginkan. Jika dalam saat penilaian alternatif telah tiba maka prioritas vector (VP) dari masing-masing alternatif tersebut harus dikalikan dengan bobot prioritas dari sifat-sifat pada kriteria, untuk mendapatkan alternatif yang diinginkan sesuai dengan intensitas sifat yang

melekat pada kriteria.

2.8.4 Tahap pengembangan

Tahap pengembangan merupakan tahap di mana akan muncul perbandingan nilai/biaya antara existing dan alternatif yang dipakai setelah adanya penambahan nilai *maintenance cost* dalam beberapa kurun waktubangunan. Selain itu juga akan muncul berapa *cost saving*. Sehubungandengan pekerjaan komponen pelat tidak terdapat biaya *maintenance* maka pada *Value Engineering* pada komponen tersebut tidak ada tahappengembangan.

2.8.5. Tahap persentasi

Tahap persentasi merupakan tahapan terakhir dari rencana kerja rekayasa nilai, dimana pada tahap ini akan dipersentasikan alternative terbaik yang akan dipilih.

2.9. TEKNIK REKAYASA NILAI

Agar Rekayasa Nilai mencapai tujuannya, perlu penggunaan teknik-teknik khusus. Teknik-teknik tersebut berdasarkan atas pemahaman bahwa Rekayasa Nilai sangat berkaitan dengan sikap dan perilaku manusia sebagai pelakunya, masalah pengambilan keputusan dan pemecahan masalah. Teknik-teknik berikut ini digunakan terutama untuk pekerjaan rekayasa desain pada awal proyek. Teknik-teknik yang terpenting adalah :

1. Bekerja atas dasar spesifik.

Mengarahkan analisa persoalan pada bagian-bagianatau area yang spesifik. Pilih topik tertentu untuk dipelajari secara mendalam, konsentrasi sampai menjumpai inti persoalan. Usulan yang bersifat umum akanlebih mudah dibantah. Sebaiknya masalah khusus didukung oleh fakta yang mengundang tanggapan positif.

2. Dapatkan informasi dari sumber terbaik.

Sumber informasi yang tepat dan terbaikdiusahakan dari berbagai sumber untuk dikaji dan dipilih. Para ahli yang dilibatkan juga dapat dianggap

sebagai sumber informasi yang baik.

3. Hubungan antar manusia.

Keberhasilan program Rekayasa Nilai tergantung pada pengertian dasar hubungan antar manusia, bagaimana bekerja sama dengan semua pihak. Contohnya, mutu informasi yang didapatkan tergantung pada sikap dan kerjasama dengan narasumber.

4. Kerjasama tim.

Sifat program Rekayasa Nilai adalah usaha bersama dari berbagai pihak, maka prosesnya dilakukan oleh suatu tim yang dibentuk untuk dapat bekerja secara efektif.

5. Mengatasi rintangan.

Untuk mencapai kemajuan, rintangan bukanlah hal asing yang akan ditemui. Mengkaji secara sistematis dan seksama dengan mengklasifikasikan jenis dan sebab rintangan akan mempermudah langkah antisipasinya

Istilah Panduan Rekayasa Nilai akan lebih mempresentasikan arti sebenarnya dari teknik teknik Rekayasa Nilai. Definisinya menurut Crum (1971) didalam Tinjauan Pustaka Rekayasa Nilai, adalah sebagai berikut:

“Teknik-teknik Rekayasa Nilai adalah panduan yang direkomendasikan, digunakan untuk keberhasilan praktek dari Rekayasa Nilai dan Analisa Nilai”. Teknik-teknik dalam Rekayasa Nilai adalah panduan yang memungkinkan dapat dicapainya nilai yang baik.

2.9.1. *Function Analysis System Technique (FAST)*

Function Analysis System Technique (FAST) dilakukan untuk melihat identifikasi fungsi dasar dan fungsi pelengkap. Cara kerja diagram ini berawal dari penentuan fungsi utama dan bagaimana cara pencapaiannya (*how*), dan akan dijelaskan mengenai hal tersebut dilakukan (*why*). Diagram ini juga melakukan pembagian antara lingkup design dan lingkup konstruksi untuk tercapainya analisa yang dibuat.

Langkah-langkah dalam penyusunan diagram FAST ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan suatu daftar fungsi-fungsi dari suatu item dengan menggunakan definisi dua kata seperti yang telah diterapkan pada analisa fungsi.
2. Menuliskan setiap fungsi pada kartu kecil kemudian menentukan posisi fungsi utama, fungsi tertinggi, fungsi terendah dan fungsi sekunder yang diinginkan dengan menjawab pertanyaan seperti dibawah ini, yaitu sebagai berikut :
 - a. Bagaimana fungsi itu sebenarnya dilaksanakan
 - b. Mengapa perlu untuk menampilkan kata kerja ataupun kata benda

Beberapa istilah yang diperlukan pada metode FAST adalah :

a. *Fungsi utama atau fungsi primer*

Fungsi utama ini merupakan fungsi bebas yang menjelaskan kegiatan utama yang harus ditampilkan oleh sistem.

b. *Fungsi ikutan*

Fungsi ini disebut fungsi sekunder dan keberadaannya tergantung pada fungsi lain yang lebih tinggi.

c. *Fungsi jalur kritis*

Fungsi jalur kritis (*critical path function*) adalah semua fungsi yang secara berurutan menjalankan bagaimana (*how*) dan mengapa (*why*) dari fungsi lain pada urutan tersebut. Jika semua pertanyaan telah terjawab untuk setiap fungsi maka berarti hubungan antara fungsi dan tingkat yang lebih tinggi dan tingkat yang rendah telah dapat ditentukan untuk mengidentifikasikan fungsi-fungsi yang merupakan hasil dari fungsi lain yang ditampilkan.

d. *Fungsi pendukung*

Fungsi ini terletak di atas fungsi jalur kritis dan diadakan untuk meningkatkan penampilan dari fungsi-fungsi dari jalur kritis. Fungsi ini tergantung dari fungsi-fungsi lain dan dapat terjadi di setiap saat.

e. *Fungsi tingkat tinggi*

Fungsi ini berada pada bagian paling kiri pada diagram FAST dan

fungsi ini merupakan fungsi tingkat tinggi yang berada dalam batas lingkup masalah.

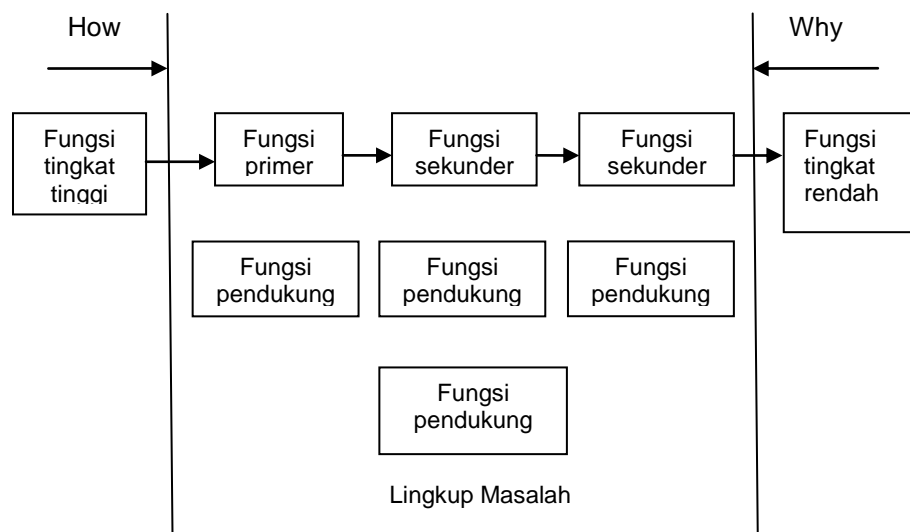
f. *Fungsi terendah*

Fungsi ini berada paling kanan dari fungsi lain pada diagram FAST.

g. *Lingkungan masalah*

Lingkup masalah adalah batas-batas pembahasan dari masalah yang dihadapi.

Pada diagram FAST ruang lingkup masalah ditujukan sebagai daerah yang dibatasi oleh dua garis vertikal yang masing-masing berbatasan dengan fungsi tingkat tinggi dan fungsi tingkat rendah. Penyusunan fungsi-fungsi dalam diagram FAST dilakukan dengan menggunakan (2) dua buah pertanyaan, yaitu : bagaimana (how) dan mengapa (why). Berikut ini akan diberikan penjelasan tentang diagram FAST dalam bentuk diagram.



Gambar 2.18 Fast Diagram

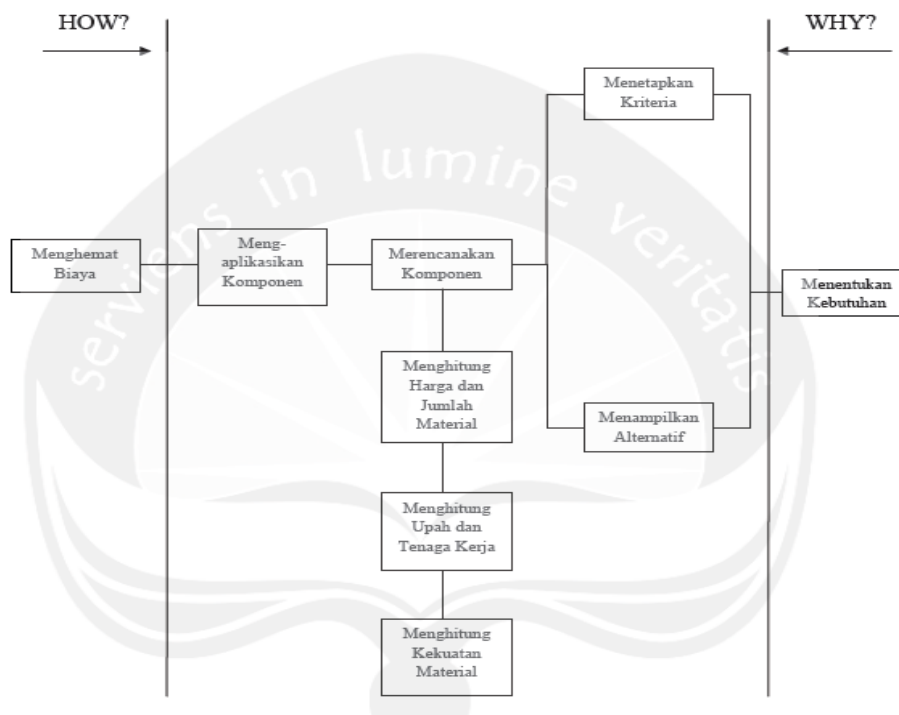
Pada *FAST diagram* dijelaskan konsep pemikiran pada fase desain and fase konstruksi. Pada fase desain menjelaskan bagaimana cara yang dilakukan untuk memecahkan masalah yang akan timbul. Sedangkan pada masa konstruksi dijelaskan bagaimana cara yang dilakukan untuk

memecahkan masalah yang timbul.

FAST (Functional Analysis Sistem Technique) yaitu suatu metoda untuk menganalisis, mengkoordinasi dan mencatat fungsi-fungsi dari satu sistem secara terstruktur. Dengan menggunakan metoda ini nantinya akan dapat dibangun suatu diagram yang menggambarkan fungsi-fungsi setiap elemen dalam suatu proyek secara sistimatis dan dapat dicari hubungan antara masing-masing fungsi serta batasan lingkup permasalahan yang dikaji dengan menggunakan dua buah pertanyaan yaitu :

- Bagaimana (How)
- Mengapa (Why)

Dalam kasus ini diagram FAST dapat dilihat pada Gambar 2.19 Untuk lebih detailnya mengenai diagram FAST pembaca dapat melihat Value Standard and Body of Knowledge (2007) didalam Tinjauan Pustaka, Value Engineering.



Gambar 2.19 Identifikasi fungsi dengan diagram FAST

Sumber : Value Standard and Body of Knowledge (2007) didalam Tinjauan Pustaka, Value Engineering.

2.9.2. *Tree Diagram*

Menurut penelitian Prasetia (2014) Adakalanya suatu sasaran improvement membutuhkan rincian lengkap tentang bagaimana jalur dan tugas- tugas yang perlu dilakukan untuk mencapai sasaran tersebut. Dalam tujuh alat perencanaan manajemen (*7 management and planning tools*) atau *7 New Quality Tools* terdapat diagram yang dapat mengungkap secara sederhana tentang besarnya suatu masalah serta mengurai apa saja langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk pemecahan masalah tersebut. Diagram itu dikenal dengan nama *tree diagram* atau diagram pohon.

Tree diagram adalah teknik yang digunakan untuk memecahkan konsep apa saja, seperti kebijakan, target, tujuan, sasaran, gagasan, persoalan, tugas-tugas, atau aktivitas-aktivitas secara lebih rinci ke dalam sub-subkomponen, atau tingkat yang lebih rendah dan rinci. Tree Diagram dimulai dengan satu item yang bercabang menjadi dua atau lebih, masing-masing cabang kemudian bercabang lagi menjadi dua atau lebih, dan seterusnya sehingga nampak seperti sebuah pohon dengan banyak batang dan cabang.

2.9.3. *AHP (Analytical Hierarchy Proses)*

Metode AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematika. Metode ini adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengann efektif atas persoalan yang kompleks dengann menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan dengann memecahkan persoalan tersebut kedalam bagian-bagiannya, menata bagian atau variabel dalam suatu susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk menetapkan variabel yang mana yang memiliki prioritas paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut.

Menurut Saaty (2013) dalam (Sumiati, 2007) metode AHP membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengann menstrukturkan suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan

Matrik kelayakan merupakan salah satu langkah yang diambil sebagai pertimbangan dalam pemilihan alternatif yang diusulkan. Kriteria kelayakan tergantung dari proyek atau produk yang diusulkan. Tiap-tiap alternatif akan dinilai dengan kriteria dimana penilai akan memberikan suatu penilaian dengan nilai antara 0 sampai dengan 10. (Saaty,1993) didalam Tinjauan Pustaka, Value Engineering. Ada 4 cara pengujian kelayakan, yaitu :

- Dalam matrik kelayakan ini akan ditampilkan kriteria-kriteria kelayakan untuk mempertimbangkan alternatif-alternatif yang akan dipilih. Pemberian nilai untuk matrik ini didasarkan pada angka 0-5, nilai 0 merupakan nilai terendah hingga 5 merupakan nilai tertinggi. Untuk lebih jelas dapat dilihat mengenai pembuatan matrik kelayakan pada Tabel 2.4 berikut :

[illegible]

Untuk mewujudkan suatu matrik kelayakan, maka dibuat tabel matrik kelayakan dimana bagian kolom atas terdiri dari kriteria-kriteria. Sedangkan kolom sebelah kiri terdiri dari alternatif-alternatif yang akan dinilai.

2.11. METODE ZERO-ONE

Metoda ini digunakan dengan tujuan untuk menentukan urutan prioritas dari kriteria-kriteria yang telah tercantum. Pada metode ini akan digunakan suatu matrik bujur sangkar (matrik kelayakan) yang membandingkan antar setiap dua kriteria (berpasangan). Untuk kriteria yang kurang penting akan diberi nilai 0 (nol) dan untuk kriteria yang lebih penting akan diberi nilai 1 (satu). Pada bagian diagonal matrik akan diberi tanda silang (x) karena pada bagian ini kriteria yang ada dibandingkan dengan kriteria itu sendiri. Pemberian nilai dilakukan dengan menggunakan pertanyaan “ Apakah kriteria A lebih penting daripada kriteria B ? “. Jika “ Ya “ akan diberi nilai 1, sedangkan jika “ Tidak “ akan diberi nilai 0, demikian seterusnya sampai semua kriteria dibandingkan hasil penilaian diperoleh dengan menjumlahkan nilai-nilai setiap baris untuk kemudian ditulis pada kolom sebelah kanan.

Selanjutnya dilakukan pembobotan dengan mencantumkan kriteria-kriteria sesuai dengan nilai yang didapat. Untuk kriteria dengan nilai tertinggi diletakkan sebelah kiri, sedangkan kriteria yang memiliki nilai rendah diletakkan sebelah kanan. Kemudian baris bobot mencantumkan urutan perolehan nilai dari 1,2,3...dan seterusnya. Untuk baris bobot kriteria memperlihatkan bobot nilai yang diperoleh tiap kriteria sesuai dengan tingkat nilai nyata yang diperolehnya, bobot kriteria berkisar antara 0 hingga 10.

Tabel 2.5 Matrik Zero-One

Kriteria	A	B	C	Z	Jumlah
A	X							
B		X						
C			X					
.				X				
.					X			
.						X		
Z							X	

Keterangan : 1 = lebih penting; 0 = kurang penting; X = fungsi yang sama

Tabel 2.6 Pembobotan Metode Zero-One

Kriteria						
Bobot						
Bobot						
Kriteria						

2.12. MATRIK EVALUASI

Pada matrik evaluasi akan dilakukan penilaian terhadap alternatif-alternatif yang ditampilkan, penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan. Cara pembuatan matrik evaluasi adalah sebagai berikut:

- Menentukan alternatif-alternatif solusi yang mungkin digunakan.
- Menetapkan kriteria-kriteria yang berpengaruh (sesuai metoda zero-one).
- Menetapkan bobot masing-masing kriteria (sesuai dengan hasil pembobotan pada matrik zero-one).
- Memberikan penilaian pada setiap alternatif terhadap masing-masing kriteria (penilaian dilakukan pada beberapa orang).
- Memilih total masing-masing alternatif.
- Memilih alternatif terbaik berdasarkan nilai total terbesar.

Dari penjelasan di atas untuk lebih jelasnya dapat dilihat cara pembuatan Matrik Evaluasi pada table 2.7 berikut :

Tabel 2.7 Matrik evaluasi

Kriteria	I	II	III	Total Jumlah	Rangking
Bobot kriteria (0)						
Alternatif	Faktor Kepuasan (s)				(s) x (0)	
Alternatif 1 (s) x (0)						
Alternatif 2 (s) x (0)						
.....						
Alternatif n (s) x (0)						

2.13. PENELITIAN PENUNJANG

Penelitian Joki Prasetya mengenai Pemilihan Alternatif Rancangan Pada Alat Tenun Pusako Minang Dengan Pendekatan Rekayasa Nilai. Dengan tujuan untuk memberikan alat tenun yang nyaman digunakan karena merupakan hal penting yang harus dipertimbangkan oleh pihak pemilik atau pihak perusahaan. Pada pengerjaan Songket Pandai Sikek kondisi kerja yang tidak ergonomis ditunjukkan oleh adanya cara kerja yang kurang baik pada saat pembentukan pola pada kain songket, tidak sesuainya dimensi alat tenun dengan anthropometri operator sehingga mengakibatkan timbulnya keluhan-keluhan pada tubuh operator. Untuk merancang(memodifikasi) bentuk alat tenun selain dengan mempertimbangkan aspek-aspek ergonomi dan anthropometri, maka alternatif yang dikembangkan adalah segi ergonomis, ekonomis, dan produktifitas. Oleh karena itu perlu dikaji dengan menggunakan prinsip rekayasa nilai(*value engineering*). Pada rekayasa nilai yakni dengan pendekatan penganalisaan nilai terhadap fungsi prosesnya, yang ditempuh adalah memunculkan, memilih, dan menentukan alternatif alat tenun yang ergonomis dan memiliki nilai tinggi.

Sultra Retnawan Suropto (2011) dalam penelitiannya yang berjudul *Perancangan Alat Bantu Las Listrik Dengan Teknik Pengelasan Dua Sisi Berdasarkan Prinsip Ergonomi (Studi Kasus : Bengkel Las “Mulyana”, Sukoharjo, Surakarta)*. Bengkel las “Mulyana” Sukoharjo yang merupakan salah satu bengkel las listrik. Pengelasan dilakukan secara manual dengan posisi postur tubuh jongkok dari penyusunan kampuh, pengelasan kampuh awal hingga

akhir. Posisi postur tubuh pekerja selama proses pengelasan merupakan posisi postur tubuh yang berpotensi menyebabkan munculnya keluhan rasa nyeri di beberapa segmen tubuh operator. Berdasarkan hasil wawancara dengan operator, ternyata diketahui adanya keluhan dan harapan selama melakukan proses pengelasan. Keluhan juga didapat dari hasil analisa kuisisioner *nordic body map* (NBM).

Berdasarkan permasalahan pada proses pengelasan di bengkel las Mulyana, dilakukan langkah perubahan posisi postur tubuh pekerja yang awalnya dilakukan dengan posisi duduk menjadi berdiri, dan dilakukan perbaikan terhadap alat bantu las listrik berdasarkan ilmu ergonomi untuk mempermudah kerja operator pada saat melakukan aktifitas pengelasan terhadap dua bidang kampuh. Semula operator melakukan pengelasan dua sisi terhadap kampuh dengan membalik posisi benda kerja dan pengaturan sudut manual dengan alat bantu besi siku. Dengan adanya rancangan alat bantu las listrik ini, operator cukup memutar bagian meja, dan penentuan sudut dilakukan dengan membaca busur derajat, sehingga mempermudah kerja operator dalam melakukan proses pengelasan dua sisi terhadap bidang kampuh.

Hasil kesimpulan peneliti sebelumnya diperoleh bahwa alternatif yang dipilih merupakan hasil kajian yang sistematis dari serangkaian langkah yang strategis hingga diperoleh hasil akhir yang terbaik berdasarkan biaya yang relevan untuk suatu proyek yang akan dibangun tanpa menghilangkan fungsi dari alternatif yang dibangun pada proyek tersebut.

Rekayasa nilai yang dikembangkan beberapa peneliti dapat memberikan gambaran bahwa pengambilan keputusan sebelum membangun suatu produk ke langkah yang bersifat kuantitatif dalam merealisasikan diawali pengambilan data yang bersifat kualitatif. Nilai kualitatif yang dibangun bersumber dari penarikan data yang berasal dari kuesioner, pendekatan kuesioner ini dilakukan secara langsung kepada nara sumber sebagai tenaga ahli yang terlibat dalam penanganan proyek.

Pengambilan keputusan yang bersifat kualitatif yang akan lebih cenderung ke arah pendekatan perkiraan, untuk menghindari pendekatan perkiraan ini para peneliti membuat langkah pendekatan yang rasional yaitu pendekatan analisa

hirarki proses (AHP). Analisa hirarki proses yang dibangun dari informasi suatu hirarki pada kriteria dan alternatif. Selanjutnya informasi di sintesakan berguna dalam membuat ranking relatif dari alternatif. Informasi yang berasal dari nilai kuantitatif dan kriteria kuantitatif dapat diperbandingkan untuk memperoleh bobot dan prioritas. Akhirnya bagian penting proses rekayasa nilai dilakukan peneliti adalah menetapkan tiga langkah yang meliputi menentukan tujuan, mendefinisikan kriteria yang akan dibangun dan membangun alternatif. Setelah proses analisa hirarki proses dilakukan hingga diperoleh bobot dari tiap-tiap alternatif yang dipilih berdasarkan dari informasi yang diperoleh dari responden. Perhitungan biaya yang dilibatkan diperhitungkan dalam membangun alternatif yang ditawarkan berdasarkan dari penawaran biaya yang didapat secara realitas mungkin. Biaya yang dilibatkan dalam membangun pengambilan keputusan tentunya biaya yang rendah dengan tanpa menghilangkan fungsi yang didasarkan penentuan tujuan dari rekayasa nilai.